



DEUTSCHES
PATENTAMT

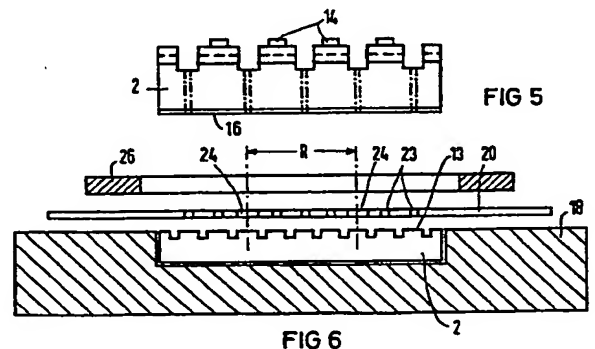
②1 Aktenzeichen: P 35 06 995.3
②2 Anmeldetag: 27. 2. 85
④3 Offenlegungstag: 28. 8. 86

⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE-

⑦2 Erfinder:
Gerschütz, Manfred, 8521 Heßdorf, DE; Eckstein,
Paul; Lanig, Peter, 8520 Erlangen, DE

⑤4 Verfahren zum Herstellen von Blaulicht-LEDs und Anordnung zur Durchführung des Verfahrens

Zum Herstellen von Blaulicht-LEDs aus Siliziumcarbid SiC ist ein scheibenförmiges Substrat (2) auf einer seiner Flachseiten mit zwei Epitaxieschichten (4, 6), die einen pn-Übergang (8) bilden, und einer Oxidschicht (10) versehen. Erfindungsgemäß wird auf der gleichen Flachseite durch Einsägen von Nuten (12) ein Raster von Planarbergen (13) gebildet, die Damage-Schicht in den Nuten (12) durch eine Gasätzung und anschließend die Oxidschicht (10) durch eine Naßätzung entfernt. Dann wird über dem durch das Einsägen gebildeten Raster von Planarbergen (13) eine Lochmaske (20) aus Tantal, die mit Justieröffnungen (24) versehen ist, denen jeweils einer der Planarberge (13) ein Justierpunkt zugeordnet ist, justiert und die Stirnflächen der übrigen Planarberge (13) werden jeweils mit einem Metallkontakt (14) versehen. Die gegenüberliegende Flachseite erhält einen sperrfreien Metallkontakt (16) und dann wird das Raster in Einzelelemente aufgetrennt. Mit diesem Verfahren kann eine Vielzahl von Blaulicht-LEDs mit geringer Flußspannung in einfacher Weise gemeinsam hergestellt werden.



Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Blaulicht-LEDs (light
emission diodes) mit einem Halbleiterkörper aus Silizi-
5 umkarbid SiC, der mit zwei Epitaxieschichten (4, 6) aus
dem gleichen Material und mit entgegengesetzter Leit-
fähigkeit, die einen pn-Übergang bilden, sowie mit me-
tallischen Elektroden (14, 16) versehen ist,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die
10 freie Oberfläche der zweiten Epitaxieschicht (6) mit
einer Oxidschicht (10) versehen wird und dann durch
Einsägen von Nuten (12) ein Raster von Planarbergen
(13) gebildet wird und daß dann die Damage-Schicht in
den Nuten (12) durch eine Gasätzung entfernt und an-
15 schließend durch eine Naßätzung die Oxidschicht (10)
entfernt wird und daß dann über dem Substrat (2) eine
Lochmaske (20) aus einem nichtmagnetischen Material,
die mit einem Raster von Öffnungen (23) und mehreren
Justieröffnungen (24) versehen ist, derart justiert
20 wird, daß den Justieröffnungen (24) jeweils einer der
Planarberge (13) als Justierpunkt zugeordnet ist, und
daß dann die Stirnflächen der übrigen Planarberge (13)
jeweils mit einem Metall-Kontakt (14) versehen werden
und anschließend das Raster in Einzelelemente aufge-
25 trennt ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß die Gasätzung in
einer Chlor Cl enthaltenden Atmosphäre erfolgt.
30

3. Verfahren nach Anspruch 2, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß eine neben Chlor Cl
noch Argon Ar und Sauerstoff O enthaltende Atmosphäre
verwendet wird.

4. Anordnung zum gemeinsamen Herstellen einer Vielzahl von Blaulicht-LEDs mit einem Halbleiterkörper aus Siliziumcarbid SiC, der mit zwei Epitaxieschichten, die einen pn-Übergang bilden, und mit metallischen Elektroden (14, 16) versehen ist, g e k e n n z e i c h n e t durch eine Halterung (18) aus ferromagnetischem Material, die mit einer Ausnehmung zur Aufnahme eines scheibenförmigen Substrats (2), das an einer Flachseite mit zwei Epitaxieschichten (4, 6) versehen ist, die durch Einsägen in ein Raster von Planarbergen (13) aufgetrennt sind, denen eine Lochmaske (20) aus Tantal zugeordnet ist, die mit dem gleichen Raster von Löchern (23) versehen ist und die mehrere Justieröffnungen (24) enthält, denen jeweils ein entsprechender, als Justierpunkt dienender Planarberg (13) zugeordnet ist, und daß konzentrisch zum Substrat (2) und oberhalb der Lochmaske (20) ein Magnetring (26) angeordnet ist.

5. Anordnung nach Anspruch 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß runde Justieröffnungen (24) vorgesehen sind, deren Durchmesser wenigstens so groß ist, wie die Diagonale der Stirnflächen der Planarberge (13).

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 85 P 3 0 7 3 DE

5 Verfahren zum Herstellen von Blaulicht-LEDs und Anord-
nung zur Durchführung des Verfahrens

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Her-
stellen von Blaulicht-LEDs (light emission diodes) mit
10 einem Halbleiterkörper aus Siliziumcarbid SiC, der mit
zwei Epitaxieschichten aus dem gleichen Material und
entgegengesetzter Leitfähigkeit, die einen pn-Übergang
bilden, sowie mit metallischen Elektroden versehen ist.

15 Während der Herstellung von LEDs auf der Basis von
Galliumarsenid GaAs und Galliumphosphid GaP werden be-
kanntlich naßchemische Ätzvorgänge angewendet, bei-
spielsweise bei der Reinigung der Substrate und zum
Entfernen von Damage-Schichten. Bei Blaulicht-LEDs aus
20 Siliziumcarbid SiC kann jedoch ein naßchemisches Ätz-
verfahren zum Entfernen von Damage-Schichten nicht an-
gewendet werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein besonders
25 einfaches Herstellungsverfahren für Blaulicht-LEDs aus
Siliziumcarbid und eine Anordnung zur Durchführung des
Verfahrens anzugeben, mit dem man Bauelemente mit sehr
geringer Flußspannung erhält.

30 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst mit den kenn-
zeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1. Nach dem Sägen
der Nuten wird die Damage-Schicht des Grundkörpers
durch die Gasätzung entfernt, wobei die Oxidschicht als
Maske dient, so daß nur das in der eingesägten Nut
35 offengelegte Siliziumcarbid angegriffen und dessen
Damage-Schicht entfernt wird. Anschließend wird die

Kin 2 Koe / 11.02.1985

Oxidschicht durch eine an sich bekannte Naßätzung mit einem flüssigen Ätzmittel entfernt und es folgt die Justierung einer Lochmaske zum Herstellen der Elektroden auf der Vielzahl von Stirnflächen, die durch das

5 Einsägen entstanden sind. An der gegenüberliegenden Flachseite wird der Grundkörper im allgemeinen mit einer gemeinsamen sperrfreien Elektrode versehen, die dann nach der Auftrennung den einzelnen Bauelementen zugeordnet wird. Damit erhält man Blaulicht-LEDs, deren

10 Flußspannung bei 50 mA im allgemeinen kleiner als 4 V und deren Durchbruchspannung größer als 20 V ist.

Die Gasätzung erfolgt vorzugsweise in einer Chlor enthaltenden Atmosphäre, der zweckmäßig noch Argon und

15 Sauerstoff zugesetzt werden können.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in deren Figuren 1 bis 5 die Verfahrensschritte nach der Erfindung schematisch veranschaulicht sind. Die Justierung ist anhand der Figur

20 6 erläutert.

Nach Figur 1 ist ein scheibenförmiges Substrat 2 aus Siliziumcarbid SiC mit einem Durchmesser von beispielsweise etwa $D = 15$ mm an seiner oberen Flachseite mit

25 einer ersten Epitaxieschicht 4 versehen, die in Verbindung mit einem beispielsweise p-leitenden Substrat 2 ebenfalls p-leitend sein kann. Auf der ersten Epitaxieschicht 4 läßt man eine weitere n-leitende Epitaxieschicht 6 aus Siliziumcarbid aufwachsen, so daß ein

30 pn-Übergang 8 gebildet wird, der in der Figur gestrichelt angedeutet ist.

Das Substrat wird dann auf seine gewünschte Dicke geschliffen und poliert und nach einer anschließenden

35

Reinigung nach Figur 2 mit einer Oxidschicht 10 versehen, die vorzugsweise aus Siliziumdioxid SiO_2 oder aus Siliziumoxid SiO bestehen und beispielsweise etwa 250 nm dick sein kann. Zu diesem Zweck werden mehrere Substrate 2 in einem Quarzrohr bei einer Temperatur von beispielsweise etwa 1070°C längere Zeit, beispielsweise etwa 6 h, in einer feuchten Sauerstoffatmosphäre oxidiert, die beispielsweise dadurch hergestellt werden kann, daß etwa 60 l/h Sauerstoff O_2 über Wasser mit einer Temperatur von beispielsweise etwa 90°C geleitet werden. Eine ausreichende Dicke der Oxidschicht 10 ist erforderlich, damit sie als Maske für eine Gasätzung geeignet ist.

Das so vorbereitete Substrat 2 wird nach Figur 3 an seiner oberen Flachseite mit parallel zueinander verlaufenden Nuten 12 mit einer Breite von beispielsweise etwa $B = 100 \mu\text{m}$ und einem Abstand von beispielsweise etwa $A = 300 \mu\text{m}$ und senkrecht dazu verlaufenden und in der Figur nicht dargestellten Nuten versehen, so daß an der oberen Flachseite des Substrats 2 ein Raster von Planarbergen 13 mit einem Rastermaß r von etwa $400 \mu\text{m}$ entsteht. Mit einer Gesamtdicke der beiden Epitaxieschichten 4 und 6 von beispielsweise etwa 10 bis $30 \mu\text{m}$ wird die Tiefe der Nuten 12 beispielsweise etwa $T = 40 \mu\text{m}$ gewählt. Die Nuten 12 können vorzugsweise eingesägt werden. Zu diesem Zweck wird das Substrat 2 auf einen in der Figur nicht dargestellten Folienspannring aufgeklebt. Das Einsägen erfolgt dann vorzugsweise mit einer Diamantsäge mit verhältnismäßig großer Umlaufgeschwindigkeit, die eine Schnittbreite von etwa 90 bis $100 \mu\text{m}$ ergibt.

Nach einer erneuten Reinigung werden die Damage-Schichten in den Nuten 12 durch eine Gasätzung entfernt, die

-X-

VPA 85 P 3 0 7 3 DE

vorzugsweise Chlor enthalten kann. Unter Umständen kann es zweckmäßig sein, ein Gasgemisch aus Chlor zu verwenden, dem noch Argon und Sauerstoff zugesetzt sind. Dieses Gemisch kann beispielsweise aus einem Gasstrom bestehen, der 6,6 l/h Chlor und 21,5 l/h Argon sowie 1,8 l/h Sauerstoff enthält. Die Ätzung erfolgt dann vorzugsweise bei erhöhter Temperatur von beispielsweise etwa 1050°C und einer Dauer von beispielsweise etwa 15 min. Bei einem Ätzabtrag von etwa 2 µm/min ergibt dies einen Ätzabtrag von beispielsweise etwa 25 bis 30 µm. Da die Oxidschicht 10 als Maske dient, wird nur das in der eingesägten Nut 12 freigelegte Siliziumcarbid angegriffen und dessen Damage-Schicht entfernt. Dieses Verfahrensmerkmal beruht auf der Erkenntnis, daß die Oberflächenbereiche innerhalb der Nuten 12, an denen jeweils der pn-Übergang 8 an die Oberfläche tritt, störungsfrei sein müssen.

Die Oxidschicht 10 wird nach Figur 4 entfernt durch eine Naßätzung, die beispielsweise aus Flußsäure bestehen und zweckmäßig noch Zusätze enthalten kann.

Die freien Stirnflächen der Planarberge 13 der herzustellenden Bauelemente an der oberen Flachseite werden anschließend mit metallischen Kontakten 14 versehen, die vorzugsweise aus Mehrschicht-Metallkontakten in Dünnschichttechnik, insbesondere aus einer aufgedampften Schicht von Nickel Ni mit einer Dicke von beispielsweise etwa 200 nm sowie einer aufgedampften Schicht von Gold Au mit einer Dicke etwa 500 nm bestehen können. Das Aufbringen, vorzugsweise Aufdampfen, erfolgt mit Hilfe einer Lochmaske, deren Rastermaß r durch den Abstand A der Nuten 12 und deren Durchmesser durch den Durchmesser der herzustellenden Elektroden 14 bestimmt ist. Die Lochmaske wird in bezug auf das vor-

ORIGINAL INSPECTED

-8-

VPA 85 P 3 0 7 3 DE

5 bereitete Substrat 2 nach Figur 4 so justiert, daß die Elektroden jeweils auf die Stirnflächen der Planarberge 13 der verbliebenen Teile der Epitaxieschicht 6 aufgebracht, vorzugsweise aufgedampft oder auch aufgesputtert, werden.

10 Zu diesem Zweck kann beispielsweise die untere Flachseite durch Bedampfen mit Aluminium bei einem Druck von höchstens etwa $5 \cdot 10^{-6}$ mbar kontaktiert werden, so daß eine Aluminiumelektrode 16 mit einer Dicke von beispielsweise etwa 100 nm entsteht. Zu diesem Zweck kann die gesamte untere Flachseite mit einer gemeinsamen Elektrode 16 versehen werden, vorzugsweise wird jedoch ebenfalls eine Lochmaske verwendet und die Elektroden 16 werden mit einem Rastermaß aufgedampft, das durch die Breiten und Abstände der Nuten 12 bestimmt wird.

20 Anschließend können die so vorbereiteten Substrate 2 zweckmäßig noch getempert werden, beispielsweise in einem Quarzrohr mit den Elektroden 14 nach oben im Hochvakuum bei einer Temperatur von 900°C etwa 50 min oder bei einer Temperatur von 940°C während etwa 10 min. Um Spannungen, die zum Abspringen der Elektroden 14 führen können, zu vermeiden, können die Substrate 2 vorzugsweise verhältnismäßig langsam abgekühlt und erst nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur dem Ofen entnommen werden. Im Anschluß daran werden zunächst die Rückseiten gesputtert, um die aufgedampften Aluminiumpunkte vom Oxid zu befreien, und 30 dann werden die Aluminiumpunkte mit einer weiteren Schicht versehen, die vorzugsweise aus Titan mit einer Dicke von beispielsweise 100 nm bestehen kann. Auf die Titanschicht wird zweckmäßig noch eine Schicht aus Gold mit einer Dicke von beispielsweise etwa 200 nm aufgetragen, vorzugsweise aufgesputtert. 35

Das Auftrennen der Scheibe des Substrats 2 in Einzeldioden erfolgt zweckmäßig wieder durch eine Diamantsäge mit geringerer Schnittbreite von beispielsweise höchstens 50 μm , vorzugsweise etwa 40 μm , wie es in 5 Figur 5 strichpunktiert angedeutet ist. Dazu können die mit Elektroden versehenen Substrate 2 vorzugsweise auf einem Folienspannring aufgeklebt werden. Zu diesem Zweck wird das Substrat 2 nach Figur 5 in bezug auf die Säge so justiert, daß der neue dünne Sägeschnitt in der 10 Nut 12 derart geführt werden kann, daß der an den Seitenkanten der Nut 12 austretende pn-Übergang 8 mechanisch nicht beschädigt werden kann.

Zur Justierung vor dem Herstellen der Kontakte 14 kann 15 eine besonders vorteilhafte Ausführungsform einer Vorrichtung nach Figur 4 verwendet werden. Das vorbereitete Substrat 2 wird in eine Halterung 18 eingesetzt, die zweckmäßig aus ferromagnetischem Material bestehen kann. Das Substrat 2 ist in einer nicht näher bezeichneten Ausnehmung der Halterung 18 eingesetzt, deren 20 Tiefe der Dicke des Substrats 2 entspricht und beispielsweise etwa 300 μm betragen kann. Oberhalb des Substrats 2 ist eine Lochmaske 20 mit einer Dicke von beispielsweise etwa 40 bis 80 μm , vorzugsweise etwa 25 60 μm angeordnet, die aus nichtmagnetischem Metall, vorzugsweise Tantal oder auch Nickel, besteht. Diese Lochmaske 20 ist mit einem Raster von Löchern 23 versehen, deren Durchmesser den Durchmesser der Kontakte 14 bestimmt und deren Abstand durch das Rastermaß der 30 herzustellenden einzelnen Bauelemente bestimmt wird. Die Lochmaske 20 ist ferner mit mehreren Justieröffnungen 24 versehen, mit deren Hilfe die Lochmaske 20 derart über dem Substrat 2 justiert wird, daß sich jeweils eines ihrer Löcher 23 etwa in der Mitte über einer der Stirnflächen 13 befindet. Bei dieser Justierung 35

dienen vorbestimmte Stirnflächen 13, von denen jeweils eine einer der Justieröffnungen 24 zugeordnet ist, als Justierpunkte. Es können beispielsweise vier Justieröffnungen 24 vorgesehen sein, die ein Quadrat mit einer
5 Seitenlänge von beispielsweise $R=1500\text{ }\mu\text{m}$ bilden, vorzugsweise runde Justieröffnungen 24 verwendet werden, deren Durchmesser wenigstens so groß ist wie die Diagonale der Stirnflächen 13, insbesondere kann der Durchmesser etwas größer sein. Ein Magnetring 26 aus einem
10 bis etwa 300°C temperaturbeständigen magnetischem Material dient zur Befestigung der Lochmaske 20 in der erforderlichen Lage mit jeweils einem ihrer Löcher 23 über einer der Stirnflächen 13. Das Feld des Magnetringes 26 ist so bemessen, daß er zwar im Zusammenwirken mit der Halterung 18 die Lochmaske 20 in ihrer Lage
15 fixiert, es ist jedoch noch eine Verschiebung von Hand in der Ebene der Stirnflächen 13 möglich, wenn ihre Lage unter dem Mikroskop mit Hilfe der Justieröffnungen 24 ermittelt wird.

20 Im Ausführungsbeispiel wurde zur Erläuterung des Verfahrens die Herstellung von Blaulicht-LEDs in Planartechnik gewählt. Das Verfahren kann jedoch auch beim Herstellen von LEDs in Mesatechnik sowie beim Herstellen
25 von TS-Dioden (transparent substrate) angewendet werden.

Für die Herstellung von Mesadioden werden die vorbereiteten Substrate mit ihren Epitaxieschichten zunächst oxidiert. Anschließend werden die Scheiben mit Photo-
30 lack beschichtet und getrocknet. Nach Belichtung und Entwicklung wird die Lackstruktur nachgehärtet. Die Ätzung der Oxidschicht erfolgt mit einer gepufferten HF-Lösung. Das durch den Photolack abgedeckte Oxid dient bei der anschließenden Gasätzung wieder als
35 Maske.

Mit durchsichtigen Substraten erhält man blaue TS-LEDs. Die durchsichtigen Substrate mit hoher Reinheit und damit hohem spezifischen Widerstand und entsprechend hohem Bahnwiderstand erfordern eine eigene Technologie.

- 5 Um den Bahnwiderstand niedrig zu halten, werden sowohl der gleichrichtende als auch der sperrfreie Kontakt auf der Vorderseite angebracht. Dazu werden die Scheiben zunächst oxidiert. Bei der Gasätzung wird das Siliziumkarbid so angeätzt, daß einerseits der pn-Übergang freigelegt wird, andererseits aber die an das Substrat angrenzende erste Epitaxieschicht, die einen kleineren spezifischen Widerstand als das Substrat aufweist, nur soweit abgetragen wird, daß man einen kleinen Bahnwiderstand erhält.

15

5 Patentansprüche

6 Figuren

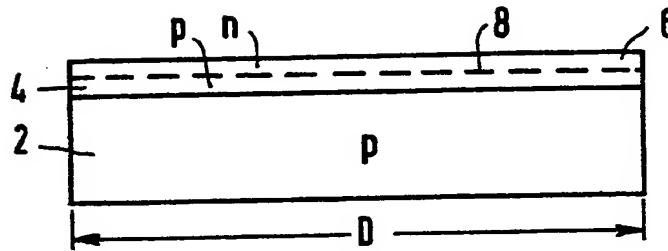


FIG 1

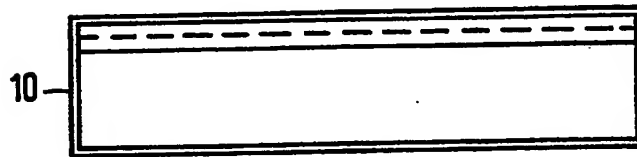


FIG 2

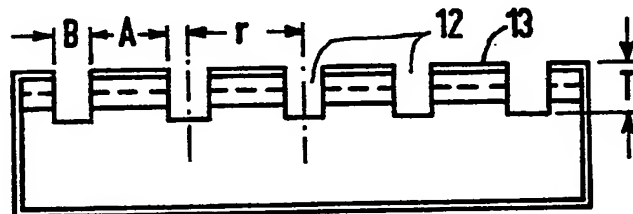


FIG 3

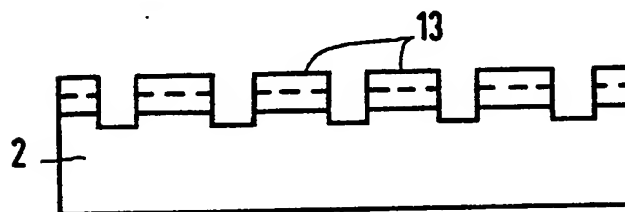


FIG 4

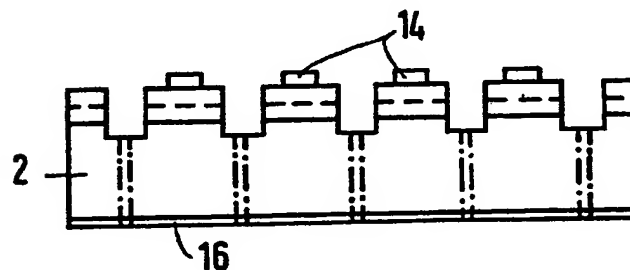


FIG 5

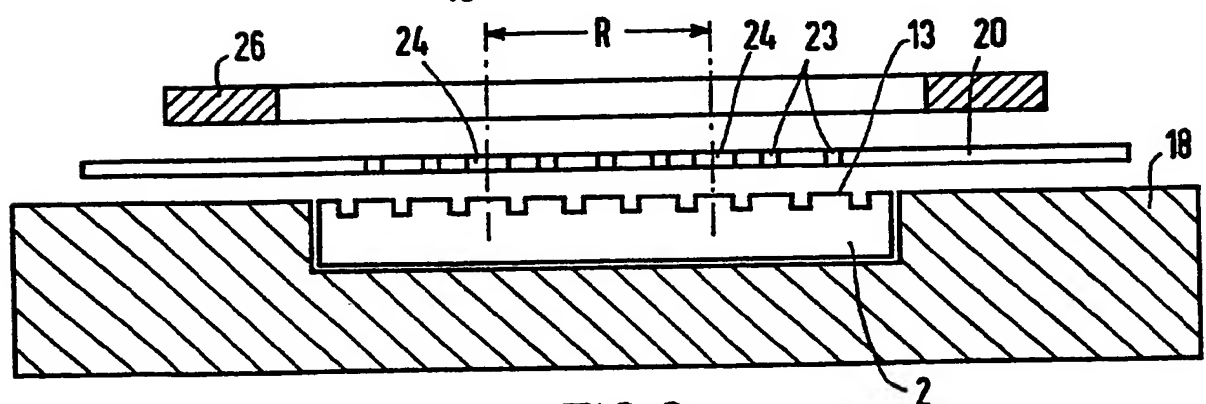


FIG 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☒ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)